

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1936

THÈSE N°

577

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

FONTAINE André, Georges, Raymond

Docteur en Médecine de l'Université de Liège

Né le 9 Novembre 1908, à LIÈGE (Belgique)

LA MASSE SANGUINE

Président : M. GUILLAIN, Professeur

IMPRIMERIE UNIVERSELLE

Rue du Parlement. 10

LIÈGE

776

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1936

THÈSE N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

FONTAINE André, Georges, Raymond

Docteur en Médecine de l'Université de Liège

Né le 9 Novembre 1908, à LIÈGE (Belgique)

LA MASSE SANGUINE

Président : M. GUILLAIN, Professeur

IMPRIMERIE UNIVERSITÉ

Rue du Parlement. 10

LIÈGE

Le Doyen ROUSSY.

1 - Professeurs

MM.

Anatomie	ROUVIÈRE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	Robert DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie médicale et générale	BEAUDUIN.
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	HARVIER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZAR.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Clinique médicale	{ LOEPER.
	{ CARNOT.
	{ CLERC.
	{ Marcel LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOUILLET.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'en- céphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectueuses	LEMIERRE.
	{ CUNÉO.
	{ GOSSET.
Clinique chirurgicale	{ GRÉGOIRE.
	{ LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	MARION.
	{ BRINDEAU.
	{ COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	{ JEANNIN.
	{ MOCQUOT.
Clinique gynécologique	{ OMBRÉDANNE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	{ RATHERY.
Clinique thérapeutique médicale	{ LEMAITRE.
Clinique oto-rhino-laryngologique	{ Pierre DUVAL.
Clinique thérapeutique chirurgicale	{ SERGENT.
Clinique propédeutique	{ BEZANÇON.
Clinique de la Tuberculose	{ MATHIEU.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	{ HOVELACQUE.
	{ MULON.
Professeurs sans chaire	{ OLIVIER.
	{ VERNE.

II - Agrégés en exercice

MM.

BÉNARD (Henri). Pathologie médicale.
 BERNARD (Étienne). Pathologie médicale.
 BESANÇON (Justin). Hydrologie.
 BOULIN . . . Pathologie médicale.
 BULLIARD . . . Histologie.
 CATHALA. . . Pathologie médicale.
 CHEVALIER . . Pathologie médicale.
 DOGNON . . . Physique.
 FEY Urologie.
 GALLIARD . . . Parasitologie.
 CASTINEL. . . Bactériologie.
 DE GAUDART D'ALLAINES. Pathologie chirurgicale.
 GAYET. Physiologie.
 GIROUD Histologie.
 HAGUENAU . . Pathologie médicale.
 HALPHEN . . . Oto-rhinolaryngologie.
 HAZARD Pharmacologie.
 HUGUENIN . . . Anatomie pathologique.
 JOANNON. . . . Hygiène.
 LABBÉ (Henri) Chimie biologique.
 LACOMME Obstétrique.
 LAN TUÉJOUL. Obstétrique.

MM.

LAROCHE (Guy). Pathologie médicale.
 LEMAIRE . . . Pathologie expérimentale.
 LEVEUF Pathologie chirurgicale.
 Mlle J. LÉVY . . Pharmacologie.
 LÉVY - VALENSI. Neurologie et Psychiâtrie.
 MOREAU Pathologie médicale.
 MOULONGUET. Pathologie chirurgicale.
 MOUQUIN. Pathologie médicale.
 OBERLING. Anatomie pathologique.
 PETIT - DUTAILLIS. Pathologie chirurgicale.
 PIÉDELIEVRE. Médecine légale.
 PORTES Obstétrique.
 RICHEL Physiologie.
 SANNIÉ. Chimie biologique.
 SÈNÈQUE. Pathologie chirurgicale.
 TROISIÈRE. Pathologie expérimentale.
 TURPIN. Pathologie médicale.
 VIGNES. Obstétrique.
 WILMOTH. Pathologie chirurgicale.

III - Agrégés rappelés à l'exercice pour le service des examens

MM.

ALGLAVE. Pathologie chirurgicale.
 BUSQUET. Pharmacologie.
 CHAILLEY-BERT. Physiologie.

MM.

LEROUX. Anatomie pathologique.
 NEVEU-LEMAIRE. Parasitologie.

IV - Agrégés chargés de cours de clinique annexe à titre permanent.

MM.	
ABRAMI	} Clinique médicale.
ALAJOUANINE	
AUBERTIN	
BRULÉ	
CHABROL	
CHIRAY	
DONZELOT	
DUVOIR	
LIAN	
PASTEUR- VALLERY- RADOT	
SÉZARY	

MM.	
BASSET	} Clinique chirurgicale.
BROCO	
CADENAT	
CATELLIER	
HEITZ-BOYER	
MOURE	
QUENU	
SCHWARTZ	
VELTER	

MM.	
ECALLE	} Clinique obstétricale.
GUÉNOT	
LE LORIER	
LÉVY-SOLAL	
METZGER	

V - Chargés de cours

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Education physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
WEIL-HALLÉ	Puériculture.
ROPPE	Stomatologie.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'enend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENTS

À M. et M^{me} A.
à M. et M^{me} B.
à M. et M^{me} C.
à M. et M^{me} D.

A TOUS LES MIENS

A notre président de Thèse
Monsieur le Professeur GEORGES GUILLAIN
Professeur de Clinique Neurologique
Membre de l'Académie de Médecine.

A MONSIEUR LE DOCTEUR CHARLES LAUBRY
Médecin à l'Hopital Broussais
Membre de l'Académie de Médecine

A MONSIEUR LE DOCTEUR DANIEL ROUTIER

A MES MAITRES A LA FACULTÉ ET DANS LES
HOPITAUX DE PARIS

A MES MAITRES A LA FACULTÉ ET DANS LES
HOPITAUX DE LIÈGE

INTRODUCTION

L'étude de la masse sanguine, qui, à l'étranger notamment aux Etats-Unis et en Allemagne, a fait l'objet de nombreux travaux, a été quelque peu délaissée en France. C'est pourquoi, il nous a paru intéressant de reprendre les travaux des principaux auteurs et d'en transcrire ici la pensée.

Bien des points restent encore obscurs, surtout en ce qui concerne la pathogénie des variations de la masse sanguine. Toutefois, de nos connaissances actuelles peuvent se dégager des directives qui trouvent leur application en thérapeutique.

Avant d'aborder notre sujet, il serait bon de préciser le sens qu'on doit attribuer à certains termes :

— La masse sanguine, ou volume sanguin est la quantité de sang circulant activement dans l'organisme. Elle se divise en masse globulaire et en masse plasmatique.

— La masse sanguine totale est l'ensemble du sang contenu dans l'organisme tout entier.

— Certains organes ont la propriété de pouvoir stocker du sang. Ce sang, retranché momentanément de la circulation générale, forme les dépôts sanguins,

HISTORIQUE

Depuis plus de trois siècles, le problème de la détermination de la masse sanguine retient l'attention des physiologistes.

C'est au début du XVII^{me} siècle, en 1628, qu'Harvey commençait son expérimentation en série sur l'animal. Son procédé de détermination de la masse sanguine consistait simplement à retirer par saignée la plus grande quantité de sang possible et à faire le rapport qui existait entre cette quantité de sang et le poids total de l'animal avant la saignée.

Cette méthode, bien que peu précise, ne fournissant qu'une simple approximation, fut la seule en vigueur durant deux siècles.

Ce fut Welcker, en 1854, qui, en la perfectionnant, lui rendit du crédit. Après avoir saigné l'animal, il faisait une injection intravasculaire d'eau distillée, ou pratiquait

après fragmentation un lavage de tous les organes. Le sang de la saignée et le liquide provenant du lavage des organes étaient réunis et l'on comparait alors la concentration du mélange en hémoglobine avec un échantillon de sang prélevé au début de la saignée. Par cette méthode, Welcker évaluait la masse totale de sang au treizième du poids du corps.

Cette méthode ainsi perfectionnée donnait des résultats concordants mais avait le grand désavantage de ne pas être applicable à l'homme.

Vers cette époque, plusieurs physiologistes: Valentin, de Crinis, Blake, Vierordt et Malassez, présentent différentes méthodes indirectes qui, elles ont le grand mérite de pouvoir se plier aux exigences de la clinique.

Tous ces procédés de détermination de la masse sanguine se résument en ceci: soit l'injection d'une certaine quantité de liquide et évaluation du degré de la dilution sanguine soit l'injection d'une quantité connue d'une substance étrangère dans le torrent circulatoire et mesure de sa concentration dans le milieu sanguin.

Valentin fait une injection intra-veineuse d'une solution isotonique et compare les variations de la concentration sanguine, avant et après cette injection. Plus tard, pour parer à la rapide élimination de la solution saline, d'autres auteurs, W. J. Meek et H. S. Gasser, remplacèrent cette solution cristalloïde par une solution gommeuse (solution à 20 % de gomme d'acacia).

Se basant sur les différences morphologiques existant entre les globules rouges du lapin et ceux de la poule (noyau) Malassez injecte au lapin une quantité déterminée de sang de poule et note le rapport qui s'établit entre les deux sortes de globules.

Cette méthode très ingénieuse, ne donna pas tout ce qu'on pouvait en attendre. Ses résultats comparés à ceux de la méthode directe (saignée plus lavage) donnent des

valeurs trop élevées de la masse sanguine. En effet, elle ne tient aucun compte des phénomènes d'hémolyse et ceux-ci, d'ailleurs, sont indosables.

En 1882, Gréhant et Quinquaud ont recours à la méthode à l'oxyde de carbone. Celle-ci présente deux avantages:

a) l'oxyde de carbone contracte avec l'hémoglobine une combinaison qui est difficilement dissociable.

b) Cette carboxyhémoglobine ainsi formée est aisément décelable dans le torrent sanguin.

Le dosage de cette hémoglobine oxycarbonée se fait par la diminution de la capacité respiratoire du sang (Gréhant et Quinquaud) soit au moyen d'une solution titrée de carmin (Haldane) ou par l'extraction des gaz du sang à l'aide de l'appareil de Nicloux.

En 1911, E. Von Behring propose l'injection de sérum antitétanique. On sait en effet que ce sérum se prête à un titrage très précis.

Irvine Mac Quarrie présente, en 1920, une méthode de détermination de la masse sanguine par réfractométrie du sérum non protéique, avant et après injection intraveineuse d'une quantité connue de gomme acacia ou de solution de gélatine.

Nous en arrivons ainsi aux différentes méthodes colorimétriques, qui, à présent, sont les plus fréquemment employées.

Le colorant à injecter — rouge vital, rouge vital brillant, rouge congo, etc. — doit réunir plusieurs qualités.

a) il ne doit pas être toxique.

b) il doit rester suffisamment longtemps dans le courant sanguin.

c) il doit se mélanger convenablement au plasma.

d) il doit être aisément dosable par un procédé colorimétrique.

C'est en 1906, par Kottman, que la méthode colorimétrique fut employée pour la première fois.

En 1915, Keith, Rowntree et Geraghty reprirent cette méthode en employant le rouge vital.

En 1920, Hooper, Smit, Belt et Whipple modifient quelque peu la méthode et emploient le rouge vital brillant.

Enfin en Allemagne en 1921, Griesbach remplace le rouge vital par le rouge congo.

Telles sont, très brièvement résumées, les différentes méthodes qui ont été employées pour la détermination de la masse sanguine.

Nous allons étudier maintenant avec plus de détails les méthodes qui sont encore à l'ordre du jour actuellement: la méthode à l'oxyde de carbone et la méthode colorimétrique.

METHODE A L'OXYDE DE CARBONE

Ce procédé de mesure de la masse sanguine est basé sur la propriété que possède l'oxyde de carbone de former avec l'hémoglobine une combinaison très stable: la carboxyhémoglobine. Dans cette réaction, l'oxyde de carbone se substitue volume par volume à l'oxygène.

On fait respirer au sujet pendant un quart d'heure environ, une certaine quantité de gaz contenant des proportions bien déterminées de CO.

Après ce temps, on mesure la quantité d'oxyde de carbone qui reste dans l'appareil. On connaît donc ainsi le volume de CO fixé par la masse sanguine.

D'autre part, l'analyse des gaz du sang, nous donne le volume d'oxyde de carbone pour une quantité connue de sang.

Connaissant la quantité totale de CO fixée et la quantité de CO fixée sur 100 cc. de sang, une simple règle de trois nous donne le volume de la masse totale de sang.

Voici la technique préconisée par Gréhan et Quinquaud:

- 1) On prend du sang, 30 cc. environ, que l'on défibrine.
- 2) Dans une cloche graduée et fermée par un robinet à trois voies, on fait un mélange de 5 litres d'oxygène, de 1 litre d'hydrogène et d'autant de fois 100 cc. d'oxyde

de carbone pur que le poids de l'animal renferme de multiples de 7 kg. 300.

3) Sur la tête de l'animal, on fixe une muselière en caoutchouc laquelle est reliée à la grande cloche. On fait durer la respiration du mélange gazeux de 9 à 18 minutes.

4) Dans la dernière minute, on prend un échantillon de sang partiellement intoxiqué et on le défibrine.

5) On mesure le volume du gaz restant dans la cloche. Il suffit d'en prendre 100 cc., d'absorber l'anhydride carbonique par la potasse, d'en soumettre une quantité déterminée à l'analyse eudiométrique: par le calcul, on a le volume de gaz qui reste dans la cloche et dans les poumons.

6) Un litre de gaz expiré et additionné de trois litres d'air est introduit dans un ballon de caoutchouc. Ce mélange gazeux traverse:

a) une série de barboteurs à potasse et à eau de baryte qui le dépouillent de l'anhydride carbonique.

b) un long tube en verre de Bohême renfermant de la tournure de cuivre chauffée au rouge.

c) un second tube renfermant de l'eau de baryte qui absorbe l'anhydride carbonique provenant de la combustion de l'oxyde de carbone.

Le carbonate de baryte est décomposé par un acide, dans le vide; l'anhydride carbonique est retiré à l'aide de la pompe à mercure. Ce volume de CO_2 correspond à un volume égal de CO .

7) On détermine le pouvoir absorbant de deux échantillons de sang, l'un pris avant l'intoxication, l'autre après. Le second absorbe beaucoup moins d'oxygène que le premier: la différence indique exactement le volume d'oxyde de carbone qui a été fixé.

Ce dosage de l'oxyde de carbone repose donc sur la différence de capacité respiratoire qui existe entre le sang

normal de l'animal et le sang de ce même animal après inhalation d'oxyde de carbone.

En 1913, Nicloux proposa une nouvelle technique pour l'extraction des gaz du sang et le dosage de l'oxyde de carbone. L'appareil de Nicloux donne des résultats très exacts. De plus, son maniement est simple et son prix de revient peu élevé.

Description : Cet appareil (voir figure 1) se compose d'un ballon à long col. de 200 cc. Il est fermé par un bouchon rodé et creux, traversé par un tube t qui pénètre

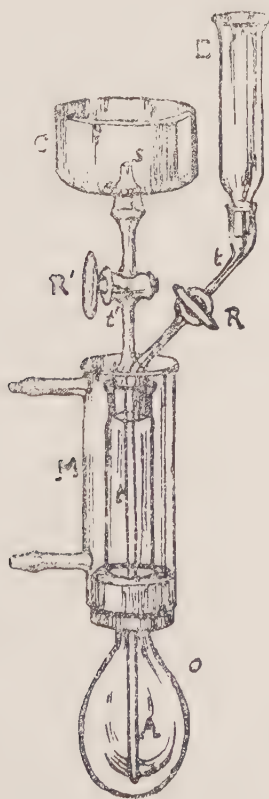


fig. I — Appareil de Nicloux

jusqu'au fond du ballon A. Ce ballon est terminé à sa partie supérieure par le tube t'. Ces deux tubes sont munis chacuns d'un robinet R et R'. Le tube t, élargi à sa partie supérieure supporte une éprouvette E. Le tube t' possède un renflement rodé auquel vient s'appliquer une tulipe C. Autour du long col du ballon A, s'adapte un manchon M, à deux tubulures, et servant de réfrigérant.

Fonctionnement: On plonge les deux tiers de l'appareil dans un bain de chlorure de calcium à 110°, ou plus simplement dans de l'eau à l'ébullition.

On introduit dans le ballon A une quantité d'acide phosphorique à 45° Baumé égale à la quantité de sang à analyser, puis une fois et demi ce même volume d'eau distillée (c'est-à-dire que pour 25 cc. de sang à analyser, on introduit 25 cc. d'acide phosphorique et environ 40 cc. d'eau distillée).

On ferme le robinet R. Au moyen d'une pompe à eau reliée au tube t', on fait le vide dans l'appareil. On ferme le robinet R', et on remplit d'eau ce tube t'. Au moyen de l'éprouvette E, on introduit alors le sang dans le ballon. On lave avec soin l'éprouvette avec une quantité d'eau distillée bouillie égale à celle du sang. Le sang, au contact de l'acide phosphorique et sous l'influence du vide, mousse abondamment et cette mousse se localise surtout dans le col du ballon. Pour la faire disparaître, on retire le ballon du bain et on le refroidit par un jet de pissette. Puis, à l'aide d'un entonnoir relié à la tubulure s par un tube de caoutchouc, on introduit 10 à 15 cc. d'eau distillée bouillie en ouvrant et refermant brusquement le robinet R'. On doit bien veiller à ne pas laisser entrer d'air. L'eau aspirée par le vide qui règne dans le ballon, pénètre dans le col violemment et entraîne avec elle la mousse.

On laisse bouillir pendant un quart d'heure environ.

On ajoute alors de l'eau distillée bouillante jusqu'à ce

que le vide de l'appareil soit entièrement comblé.

On adapte à l'orifice s la tulipe C remplie d'eau et qui sert de cuve à eau. On ouvre le robinet R': les gaz s'échappent de l'appareil — grâce à la pression obtenue en versant de l'eau dans l'éprouvette E — et sont recueillis dans un tube gradué.

Dosage du gaz extrait du sang.

Ce dosage se fait au moyen de l'eudiomètre de Gréhant-Nicloux.

Le gaz, qu'on vient de recueillir de l'appareil de Nicloux, contient de l'oxygène, de l'azote, de l'anhydride carbonique et de l'oxyde de carbone.

On élimine l'anhydride carbonique au moyen de soude ou de potasse. Le mélange gazeux est introduit dans la microcloche de Nicloux (Voir figure II). Celle-ci est for-

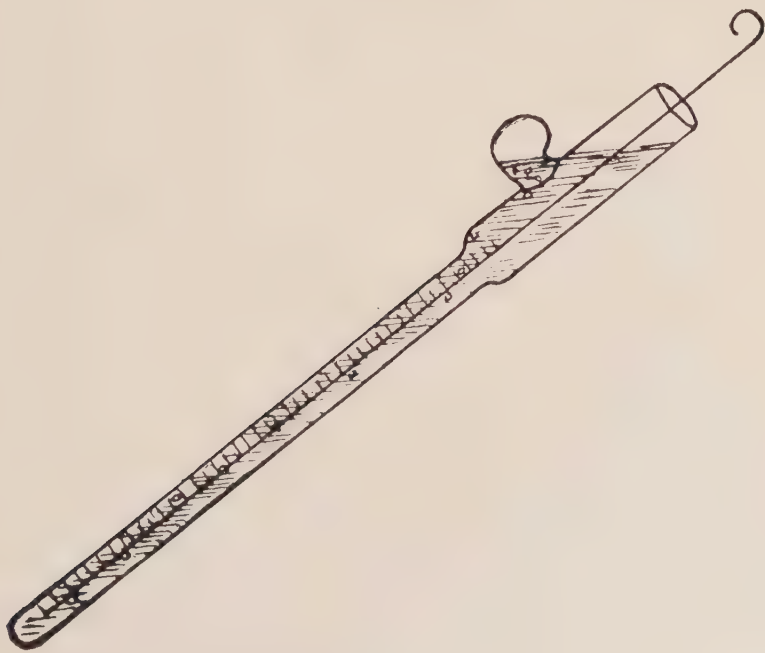


fig. II - Microcloche de Nicloux

mée d'une cloche de 12 mm. de diamètre, surmontée d'un long tube étroit d'une capacité de 2,50 cc. Ce tube, appelé « mesureur » est gradué en cinquantièmes de cc.

On mesure le volume du gaz dans le mesureur (cette opération doit se faire sous l'eau et dans des conditions de pression et de température bien déterminées) puis on fait passer ce gaz dans la cloche de l'appareil. Ensuite, on introduit un fil de platine jusqu'au fond du mesureur.

La microcloche, bouchée avec le doigt, est adaptée sous l'eau, d'une façon hermétique, au grisoumètre. On fait passer un courant fourni par un petit accumulateur (4 ampères - 4 volts). L'oxyde de carbone brûle en fixant de l'oxygène et produit de l'anhydride carbonique.

On retire alors la microcloche du grisoumètre et après avoir absorbé l'anhydride carbonique formé par de la potasse, on fait repasser le gaz restant dans le mesureur. On lit alors le volume gazeux en ayant soin de se mettre dans les mêmes conditions de température et de pression que pour la première lecture.

Calcul du résultat.

L'équation: $2 \text{ CO} + \text{O}_2 = 2 \text{ CO}_2$

2 vol. + 1 vol. = 2 vol. montre que deux

volumes d'oxyde de carbone fixent un volume d'oxygène pour donner deux volumes d'anhydride carbonique. Cet anhydride carbonique est éliminé par la potasse et il s'ensuit donc que pour trois volumes de gaz qui disparaissent, deux proviennent de l'oxyde de carbone.

Si A est la différence entre la première et la deuxième lecture sur le mesureur de Nicloux, le volume d'oxyde de carbone correspondant est de $\frac{2A}{3}$ ou C. (Volume d'oxyde

de carbone renfermé dans 25 cc. de sang, quantité de sang analysée).

Soit V la quantité d'oxyde de carbone absorbée par le

sujet. Connaissant les valeurs de V. et de C., une simple équation va nous donner la masse totale de sang.

$$\text{On a : } \frac{V}{M} = \frac{C}{25} \text{ d'où : } M = \frac{V \times 25}{C}$$

En 1926, Roos prouva que le sang normal contenait de l'oxyde de carbone. Ce CO est un déchet du métabolisme, mais ne se trouve dans le sang humain qu'à la teneur de 0,057 %. Il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte dans le calcul.

METHODE COLORIMETRIQUE.

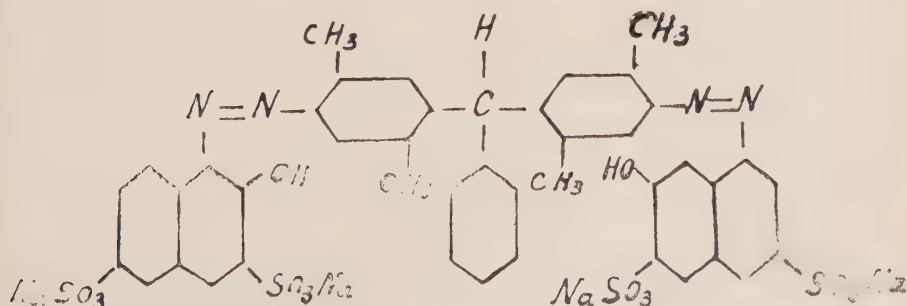
Ces méthodes sont basées sur l'introduction dans le courant sanguin d'un colorant qui se prête facilement au dosage colorimétrique.

Les colorants choisis par les différents auteurs: rouge vital, rouge vital brillant, rouge congo, rouge trypan, bleu trypan, appartiennent presque tous à la série de la benzidine et possèdent les qualités suivantes:

- a) Ils ne sont pas toxiques aux doses employées.
- b) Ils se mélangent intimement au plasma.
- c) Ils persistent assez longtemps dans le courant sanguin.
- d) Ils sont aisément dosables au colorimètre.

Nous allons prendre comme type de ces méthodes, celle que préconisèrent Keith, Rowntree et Geraghty, en 1915, dans leur travail paru dans: the Archives of internal médecine.

Le colorant employé est le rouge vital ou dinaphtol-disulfonate sodique diazotétraméthyltriphenylméthane.



La solution de colorant à employer est une solution aqueuse à 1,5 % qu'on doit préparer extemporanément.

La dose injectable est de 3 milligrammes par kilog de poids.

Le sujet ayant été pesé, on lui prend 10 cc. de sang qu'on additionne d'oxalate de sodium pour prévenir la coagulation. Ce sang est centrifugé pendant 30 minutes à 3000 tours-minute, et le plasma ainsi obtenu est utilisé pour la fabrication de l'étalon colorimétrique. Cet étalon est à faire pour chaque individu en particulier.

On injecte dans la veine la dose exacte du colorant.

Trois minutes après, on prend 10 cc. de sang, mais au bras opposé à celui qui a reçu l'injection de colorant. Encore 3 minutes plus tard, on reprend 10 cc. de sang.

Ces échantillons de sang sont oxalatés mis dans des tubes gradués et bouchés pour éviter l'évaporation et centrifugés à 3000 tours-minute pendant une demi-heure.

On note alors les proportions relatives de globules rouges et de plasma.

Le plasma est pipeté soigneusement et mis dans un tube témoin.

Nous avons donc trois tubes témoins: le 1er contenant du plasma sans colorant, les 2ième et 3ième contenant du plasma et le colorant à une concentration inconnue.

La préparation colorimétrique standard est faite comme suit: 0,5 cc. de la solution de colorant utilisée pour l'injection, est diluée sur le champ, dans 100 cc. d'une solution à 8 0/00 de NaCl. Une partie de cette préparation est mélangée à une partie du plasma pris au patient avant l'injection colorante, et à deux parties de la solution à 8 0/00 de NaCl, donnant donc une dilution de 1

4

dilution s'est révélée la meilleure).

Les tubes 2 et 3 sont dilués avec trois parties de la solution de NaCl à 8 0/00 et placés dans le colorimètre en regard du tube standard,

COMPARAISON DES DIFFERENTES METHODES

Nous avons vu qu'à l'heure actuelle, il ne reste en honneur que deux méthodes de détermination de la masse du sang ; la méthode à l'oxyde de carbone et la méthode colorimétrique (rouge vital, rouge Congo, etc.).

Ces deux méthodes, loin de se concurrencer, se complètent l'une l'autre.

En effet, la première (inhalation d'oxyde de carbone) est une méthode « globulaire » et la seconde (injection d'un colorant) est une méthode « plasmatique ».

C'est pourquoi, lorsqu'il s'agit de déterminer aussi exactement que possible la quantité totale de sang circulant, beaucoup d'auteurs recommandent d'appliquer la méthode combinée de l'oxyde de carbone et du colorant. L'inhalation d'oxyde de carbone rend possible la détermination de la masse totale des globules rouges; au contraire, la méthode colorimétrique détermine la quantité totale du plasma.

C'est ainsi que, d'après Seyderhelm et Lampe, la méthode colorimétrique s'avère impuissante lorsqu'il s'agit d'étudier l'action de la faible altitude sur la masse sanguine. Dans cette circonstance, les différences de volume sanguin portant sur les globules rouges, sont en général, minimales. La méthode par l'oxyde de carbone a pu déceler de petites variations qui ne se vérifient pas par la méthode au colorant.

Voyons maintenant les avantages et les inconvénients inhérents à chacune des deux méthodes.

1) la méthode à l'oxyde de carbone présente le désavantage de ne pouvoir être répétée fréquemment sur le même sujet. Il faut tenir compte de la toxicité du gaz inhalé et de la sensibilité du sujet à ce gaz.

De plus, elle nécessite un outillage spécial: masque pour l'inhalation de l'oxyde de carbone, appareil de Nicloux, microcloche de Nicloux, grisomètre de Gréhan, accumulateurs.... etc.

Enfin, sa technique, sans être bien compliquée, nécessite quand même un certain apprentissage.

2) La méthode colorimétrique, au contraire de la première, peut être répétée fréquemment. Les colorants mis en œuvre ne sont pas toxiques aux doses employées. D'autre part, ils sont vite éliminés.

Voici, d'après Griesbach la marche d'élimination des colorants. (1).

<i>Minutes</i>	<i>Rouge Congo</i>		<i>Rouge vital</i>
	<i>Homme</i>	<i>Chien</i>	<i>Chien</i>
4	100 o/o		
5		100 o/o	100 o/o
10		96 o/o	
11	100 o/o		
15		92 o/o	85 o/o
20	97 o/o	87 o/o	78 o/o
25		82 o/o	
30	95.5 o/o	80 o/o	68 o/o
60	90 o/o		

(1) L'élimination du colorant s'effectue principalement par la bile et, dans une moindre proportion, par les urines.

Les inconvénients rencontrés par Keith, Rowntree et Gérahty au cours de leur expérimentation, sont au nombre de trois:

1) Hémolyse du sang coloré.

2) Lipémie.

3) La gêne que ressent le patient. Dans 9 % des cas, il ressent une impression de froid, de malaise général. Ces troubles sont de courte durée et aucun sujet n'a présenté de clocher thermique.

Enfin, l'outillage est des plus simples: on n'a besoin que d'une centrifuge et d'un écran colorimétrique.

NOTIONS GENERALES SUR LA MASSE SANGUINE

La quantité de sang présente dans l'organisme forme le volume total du sang. Ce volume se divise en deux types:

1) le volume de sang actif, ou rapide, appelé également sang circulant.

2) le volume de sang passif, ou stagnant: C'est le sang qui se déplace passivement (foie, rate...).

En clinique quand on emploie le terme de volume sanguin on parle généralement du volume du sang circulant.

Le sang se compose de plasma et de globules. Ces derniers constituent environ 43 % du volume total du sang. Le plasma comble la différence et a donc une valeur de 57% .

Même à l'état physiologique, le volume sanguin a une valeur éminemment variable. Ces variations sont de l'ordre d'un tiers en plus ou en moins autour de la moyenne. Arthaud a signalé des écarts allant du simple au double chez le même sujet et dans un laps de temps assez restreint. (1)

A quoi donc sont dues ces variations et quel mécanisme y préside?

Les variations enregistrées peuvent découler de deux sources différentes :des changements réels de la masse sanguine ; des variations dues à l'emploi de telle ou telle méthode.

(1) Les minima de masse sanguine compatibles avec la survie temporaire du cœur et la respiration sont voisins de 25% de la masse initiale.

Comme on peut s'en rendre compte par le tableau publié ci-après (page) on voit que les résultats obtenus par les différents auteurs et avec des méthodes non semblables varient dans de larges proportions (de 46 cc. de sang par kilog de poids corporel, chiffre trouvé par Smith au moyen de la méthode à l'oxyde de carbone, à 85 cc. par kilog, trouvé par Keith, Rowntree et Gérahty avec la méthode colorimétrique.)

Toutefois, les auteurs qui se sont livrés à une expérimentation prolongée et étendue à de nombreux cas, trouvent des chiffres concordants, sous réserve d'employer la même méthode:

a) méthode à l'oxyde de carbone:

Smith, Belt, Arnold et Carrier	moyenne: 68,1 cc.
Chang et Harrop	moyenne: 66,6 cc.
Hitzenberger et Tuchfeld	moyenne: 73,5 cc.
Muller	moyenne: 69,2 cc.
Douglas	moyenne: 75,8 cc.

b) méthode colorimétrique:

Keith, Rowntree et Gérahty	moyenne: 85 cc.
Allen, Goldbloom et Libin	moyenne: 78,4 cc.
Seyderhelm et Lampe	moyenne: 82,5 cc.

Comme on le remarque ci-dessus, la méthode à l'oxyde de carbone donne régulièrement des chiffres plus bas que ceux qui sont fournis par la méthode colorimétrique.

En 1928, Fahraeus, remarque que dans les capillaires ayant moins de 0,5 mm. de diamètre, les différents composants du sang sont répartis dans la lumière du vaisseau de telle façon que le liquide se trouve surtout à la marge, les cellules surtout au centre: les globules blancs plus grands que les globules rouges, se meuvent plus près de l'axe que ceux-ci.

De plus, la vitesse du courant capillaire augmente avec la distance de la paroi, les globules rouges cheminent plus vite que le plasma.

En outre, Fahraeus vit que dans les capillaires le sang

est dilué; il contient moins de leucocytes et de globules rouges que le sang des vaisseaux plus grands.

Ne doit-on pas chercher, dans cette différence de concentration du sang entre les capillaires et les gros vaisseaux, la cause de la discordance des résultats fournis par les deux méthodes de détermination de la masse sanguine?

En second lieu, la recherche du volume du sang se fait, par la méthode à l'oxyde de carbone sur un sujet assis, par la méthode colorimétrique sur un sujet couché. Il y a encore là, un facteur qui peut faire varier quelque peu les résultats.

En ce qui concerne les variations de la masse sanguine répondant à de réelles modifications statiques du sang, les travaux de Barcroft sont fondamentaux.

C'est à lui que revient l'honneur d'avoir démontré l'existence des dépôts sanguins. L'organisme possède des organes — le foie et la rate principalement — où il peut stocker le sang. Ces organes, en particulier la rate, peuvent par leur contraction, libérer, en cas de besoin, une quantité assez abondante de sang. Ils jouent donc un rôle de régulation de la masse sanguine. En outre, le sang expulsé par la contraction splénique est plus riche en éléments figurés que le sang de la circulation générale. (1).

C'est par l'expérience suivante que Barcroft prouva l'existence des dépôts sanguins.

(1) Cet avis n'est pas partagé par Bouisset, Bugard et Soula (Journ. Phys et Path générale mars 1930) D'après eux, la rate ne joue aucun rôle régulateur dans la répartition des masses respectives des globules et du plasma du sang circulant. Il faudrait pour que la rate put jouer le rôle de réservoir mécanique que son volume relatif fut infiniment plus considérable qu'il ne l'est en réalité.

Or Barcroft a montré expérimentalement (Le sang t1, p97 - 1927) que la rate de l'individu vivant, distendue par le sang, a un volume beaucoup plus grand que la rate cadavérique, et que le sang splénique est plus riche en éléments cellulaires que le sang de la circulation générale. La rate d'un chat contient en sang le 1/100 du poids du chat et le 1/15 environ de la masse sanguine totale.

Il fit inhaler à des rats une dose mortelle d'oxyde de carbone; le sang de la circulation générale décelait une dose mortelle du poison, mais par contre, le sang de la veine splénique ne contenait pas d'oxyde de carbone.

Il fut donc amené à penser que le sang de la rate n'est pas en contact direct avec le sang de la circulation générale.

Il reprit son expérience. Pendant l'inhalation d'oxyde de carbone, il obligea les rats à courir. Cette fois, le sang de la veine splénique contenait le même pourcentage d'oxyde de carbone que le sang de la circulation générale. Ceci prouvait que pendant l'exercice, le sang de la rate participait à la circulation.

Le foie aussi, s'est révélé capable de stocker le sang. Le poids du foie est constitué, pour 59 % de sang, et de ces 59 %, plus du tiers y est en dépôt et ne constitue pas la circulation active.

Le tissu sous-papillaire peut également amasser une certaine quantité de sang qui, d'après Allen et Goldbloom, pourrait s'élever à 25 ou 30 % de la circulation totale.

Quant aux poumons, on les considère comme des dépôts sanguins mais de petite importance vis-à-vis du foie et de la rate. Il en est de même des grosses veines.

Ces différents dépôts sanguins jouent le rôle de régulateurs de la masse sanguine. Suivant les besoins de l'organisme, ils envoient dans la circulation générale, le sang qu'ils ont emmagasiné, ou au contraire, en soustraient des quantités plus ou moins considérables.

Ces variations, très fréquentes, sont en rapport avec le rôle joué par la masse sanguine. On admet, en effet, que si les globules rouges règlent l'apport de l'oxygène, la masse sanguine a pour fonction l'élimination de l'anhydride carbonique et des autres déchets provenant du métabolisme cellulaire.

Ces variations sont régies par divers mécanismes. Il y a une régulation centrale: c'est l'équilibre acide base qui joue dans ce cas. Si la concentration en anhydride carbonique augmente, si le PH diminue, il y a mise en circulation du sang stagnant. De leur côté, les hormones agissent sur les centres médullaires, mais sans passer par les centres bulbaires.

A l'heure actuelle, ces mécanismes nous sont encore peu connus.

VARIATION DU VOLUME SANGUIN DANS DES CONDITIONS PHYSIOLOGIQUES

Nous diviserons ces conditions en deux catégories: En premier lieu, nous étudierons celles qui provoquent une augmentation de la masse du sang; ensuite, nous passerons en revue celles qui diminuent cette masse sanguine.

A. — AUGMENTATION DE LA MASSE SANGUINE

Nouveau-né.

Les recherches les plus intéressantes à ce sujet sont dues à Lucas et Dearing (1920) et à Bakwin et Rivkin (1924). (1).

Ils ont montré que la quantité de plasma et la quantité totale de sang par rapport au poids du corps est beaucoup plus grande chez l'enfant, tout de suite après la naissance. Le rapport globules rouges est inversé. (La

plasma

quantité de plasma est normalement plus grande que la quantité des hématies. Ici, c'est le contraire, les globules rouges forment 50 à 60 % de la masse du sang).

Cet état ne dure guère; et après la huitième semaine, la quantité « absolue » de globules rouges est même plus

(1) Bakwin et Kirkin emploient la méthode Keith, Rowntree et Geraghty mais avec une légère modification leur permettant de mesurer le volume sanguin avec 4cc. de sang seulement.

petite qu'au moment de la naissance. D'après Rowntree et Brown, cette chute des globules rouges est la conséquence de l'ictère hémolytique, appelé ictère des nouveaux-nés. On obtient un résultat tout différent quand, au lieu de faire le rapport de la masse sanguine au poids, on le fait à la surface du corps.

Bakwin et Rivkin ont déterminé le rapport de la masse du sang à la surface du corps et ont trouvé chez le nouveau-né, pour 1 mètre carré, 1 litre 700 de sang.

Chez l'adulte, Keith arrive à 3 litres 12 par mètre carré. Il y a donc un écart allant presque du simple au double.

Grossesse.

Keith, Rowntree et Geraghty, avec Miller, ont observé, dans 12 cas, une augmentation de la quantité du sang, passant de 8,8% à 9,56% du poids du corps (2). L'augmentation portait surtout sur le volume plasmatique. Dans les 12 cas, dix à quinze jours après la délivrance, tout était rentré dans l'ordre.

Kaboth (20 cas) a vu passer le volume du sang de 62,1 à 68,6 centimètres cubes par kilog.

Neubauer, expérimentant sur 8 cas a observé que le volume sanguin passait de 67,6 cc. à 73,9 cc. par kilog. Tout de suite après la délivrance, ce volume est tombé à 61 cc. en moyenne.

Au contraire, Koch et Jakobovits, sur 24 cas étudiés, ne purent trouver cette augmentation de la masse sanguine. Les valeurs qu'ils obtinrent étaient: 57,3 cc. et 55,9 cc. par kilog. Pendant le travail, la masse du sang était tombée à 45,3 cc.

(2) Cette augmentation ne peut être due, comme on pourrait l'objecter, à une dilution du colorant dans le plasma du fœtus, car, étant à l'état colloïdal, le colorant ne traverse pas le placenta.

Facteurs hématogènes.

La raréfaction de l'oxygène dans l'air inspiré provoque une augmentation de la masse sanguine. Il en est de même dans l'inhalation de l'oxyde de carbone et dans l'asphyxie partielle. La rate se contracte et envoie dans la circulation générale une quantité appréciable de sang, et ce sang est plus riche en élément figurés que le sang circulant.

Facteurs pharmacologiques.

Nombreuses sont les substances provoquant l'augmentation du volume sanguin.

Parmi les plus usuelles, il faut citer la caféine, le camphre, le chlorure de baryum, le carbonate de sodium et surtout la strychnine.

L'injection d'une solution à 5 % de carbonate de sodium provoque, en quelques minutes, un accroissement de la masse sanguine et du débit systolique, et une augmentation de fréquence des mouvements respiratoires. L'effet se fait plus fortement sentir encore, si l'injection est faite intra-carotidienne.

Facteurs humoraux.

Avec l'**adrénaline**, on observe des variations différentes suivant le temps écoulé depuis l'injection.

Dans les minutes qui suivent l'injection intra-musculaire d'un milligramme d'adrénaline, on trouve des variations, en plus ou en moins, de la masse sanguine totale, de la masse plasmatique et de la masse globulaire. Dans 75 % des cas, la masse globulaire diminue.

Vingt minutes après l'injection, dans presque tous les cas les trois masses augmentent, qu'il s'agisse de sujets sympathicotoniques ou vagotoniques.

Nous sommes en présence de deux phénomènes inverses: l'adrénaline provoque la constriction des vaisseaux,

ce qui a pour effet de diminuer la masse sanguine circulante, mais elle fait contracter également la rate, d'où expulsion de sang dans la circulation.

En général, peu de temps après l'injection, la vaso-contraction domine : la masse sanguine diminuera : quinze à vingt minutes après, c'est la contraction splénique qui prend le dessus : nous aurons donc alors une augmentation du volume sanguin.

L'injection d'extrait **post-hypophysaire** donne des résultats qui se calquent sur ceux trouvés avec l'adrénaline. Toutefois, les variations sont ici plus irrégulières et moins marquées.

Après l'injection de deux milligrammes de **thyroxine**, il se produit une augmentation des trois masses, mais avec prédominance de la masse plasmatique.

Facteurs physiques.

Boisson. Le nourrisson qui a pris 150 à 200 cc. de liquide a une augmentation plasmatique d'environ 10 %.

L'absorption d'une forte quantité d'eau provoque une augmentation du plasma de 16 % chez le chien et de 25 % chez le lapin.

Chez le chien ayant souffert cinq jours de la soif, la masse plasmatique est tombée à 55 % de sa valeur normale.

L'altitude est un facteur d'augmentation de la masse sanguine. En effet, à mesure qu'on s'élève, il y a diminution de la pression barométrique et partant, de l'oxygène.

Dans le cas rapporté par Smith et Belt, après plusieurs semaines à haute altitude, le plasma était resté à sa valeur normale alors que la masse totale des globules rouges avait augmenté de 19 %.

Quant au nombre des hématies il s'était accru de 24 %.

Il y avait donc une augmentation vraie des globules

rouges, mais les globules néoformés étaient plus petits que les anciens (microcytose).

Exercice. L'exercice provoque dans de notables proportions l'augmentation du volume sanguin et du débit systolique. Ces augmentations sont en général, parallèles à celle de la consommation d'oxygène mais variables suivant le type d'exercice. Elles sont plus grandes dans le travail des bras que dans celui des membres inférieurs.

Position. Ainsi que l'a démontré Lindhard, le débit cardiaque et la masse sanguine sont plus élevés dans la position couchée que dans la station debout; dans la position assise, ils prennent une valeur intermédiaire.

Voici les chiffres trouvés par Liljestrand:

Position debout: débit cardiaque par minute: 3 lit. 600.

Position assise: débit cardiaque par minute: 4 lit. 100.

Position couchée: débit cardiaque par minute: 4 lit. 900.

Les variations de la masse sanguine se calquent sur celles du débit cardiaque (Eppinger).

En général, l'augmentation est de l'ordre de 40 à 50%; on note rarement moins de 20 %.

Il ressort de là que le repos dans la position couchée est le plus profitable et qu'il faut éviter le plus possible le travail dans la position debout et dans l'immobilité.

Température: En 1921, Barcroft, remarqua sur lui-même que le volume sanguin et le taux d'hémoglobine augmentaient dans le même sens que la température extérieure.

Reprenant cette expérience sur une grande échelle, il aboutit au même résultat. En moyenne, la masse sanguine était de 4,4 litres à 15° et passait à 5,8 litres et même 6,5 litres à la température de 28°. (1).

(1) Des résultats analogues ont été enregistrés dans la fièvre, où
Saignée à blanc

Voici, d'ailleurs, par lui même le récit de sa découverte. (2)

« En Automne 1921, je fus chargé de la direction d'une mission scientifique envoyée dans les Andes et dont l'objet était l'étude des modifications que provoquent les hautes altitudes sur l'organisme et plus particulièrement l'étude des problèmes que pose pour le système circulatoire le manque d'oxygène.

« Parmi ces problèmes, un des plus importants consistait à déterminer dans quelles conditions le manque d'oxygène accroît la quantité totale d'hémoglobine de l'organisme.

« Nous avions à faire l'étude comparative de la quantité totale d'hémoglobine circulante au niveau de la mer d'une part, à un niveau de 4400 mètres d'autre part.

« Nous déterminâmes préalablement sur nous-même, à plusieurs reprises, la quantité totale de sang et d'hémoglobine au niveau de la mer. Le résultat fut des plus surprenants. Alors que, ni la masse sanguine ni le taux d'hémoglobine ne se modifièrent aussi longtemps que nous restâmes en Angleterre et pendant la première partie de notre voyage au Pérou, au contraire, quand nous approchâmes des Tropiques, les chiffres augmentèrent nettement pour atteindre leur maximum quand nous traversâmes le canal de Panama.

« A partir de ce moment, la masse sanguine décrut tandis que s'abaissait le taux d'hémoglobine. Ce phénomène se reproduisit bien que moins nettement, durant notre voyage de retour.

« Tout se passait donc comme si la masse apparente du sang et le taux apparent de l'hémoglobine variaient dans le même sens que la température extérieure.

« L'exactitude de cette interprétation fut démontrée par

(2) *Le Sang*, t. I, p. 97-1927. Traduit par le docteur R. Levy.

« le fait que les mêmes résultats d'ensemble purent être
« obtenus à notre laboratoire de Cambridge dans une
« chambre à température réglable, »

B. DIMINUTION DE LA MASSE SANGUINE.

Les substances diminuant le volume sanguin sont d'ordre très variés.

L'**histamine** (1 cc. sous cutané) provoque une dilatation des capillaires de l'aire splanchnique: le malade se saigne dans ses capillaires. La quantité de sang circulant se trouve par le fait même diminuée et on note (Wollheim) des abaissements de 500 à 1500 cc.

Quant à la **digitale**, elle provoque la diminution du volume du sang par formation de dépôts sanguins. C'est pourquoi, comme nous le verrons plus loin, elle est tout indiquée dans la polycythémie et dans tous les cas où la masse sanguine est augmentée. Par contre dans les cardiopathies s'accompagnant d'un volume sanguin diminué, il faudra, pour lutter contre cette diminution, lui adjoindre de la caféine, du camphre ou de la strychnine qui possèdent un pouvoir inverse.

Les effets de l'injection d'**insuline** sont quelque peu controversés. Beltrametti, après injection de 20 unités, observe le plus souvent, une augmentation des masses plasmatiche et globulaire mais la masse plasmatiche augmente dans de beaucoup plus fortes proportions que la masse globulaire.

A l'inverse de ces résultats, Seyderhelm, après injection de 50 unités, trouve une diminution de la masse sanguine de 11,6 % chez les diabétiques et chez les personnes normales, de 9,8 %.

Il prête à l'insuline une influence sur les échanges de liquide entre le sang et les tissus.

Dans l'**anesthésie à l'éther**, la masse sanguine diminue de 10 à 15 %. Avec l'**avertine**, la diminution est plus marquée et atteint 15 à 25 %.

VARIATIONS DU VOLUME SANGUIN DANS DES CONDITIONS PATHOLOGIQUES

Obésité.

Dans leur ensemble, les résultats effectués chez ces malades montrent une diminution de la masse sanguine par rapport à la masse sanguine correspondant à un poids corporel normal. C'est ce que trouvèrent Keith, Griesbach, Brown et Keith, et Seyderhelm.

La masse du plasma et du sang par kilog s'est révélée très diminuée, mais avec des valeurs très différentes, car il s'agissait d'obésité de degrés divers.

Si on fait le rapport de la masse sanguine non au poids mais à la surface, on obtient des valeurs beaucoup plus concordantes.

Sur 14 sujets obèses, dont le poids allait de 64 kgs à 140 kgs. (64 kgs pour une taille de 1 m. 47), Seyderhelm a trouvé une masse plasmatique de 27,5 cc. à 49 cc. par kilog et une masse de sang de 47 cc. à 82 cc.

Les valeurs les plus petites: 27 cc. de plasma et 47 cc. de sang par kilog ont été observées chez les personnes les plus lourdes (140 kilogs).

Holboll présente des résultats divergents. Pour lui, le pourcentage de sang par kilog est diminué mais la masse totale absolue est augmentée.

Il prit deux sujets, l'un normal, l'autre obèse, ayant même âge, même taille et même pourcentage d'hémoglobine. Chez l'obèse la masse du sang par kilog était moindre mais la masse totale, en valeur absolue, était supérieure de 1,750 litre.

Si on pense à la moindre vascularisation, à la circulation ralentie qui existe dans les grandes quantités de graisse qui sont la cause de la différence de poids entre les deux sujets, il est peu probable que l'obèse possède la différence notable (1 litre 750) entre les deux quantités totales de sang, dans ses dépôts de graisse. Il faut plutôt supposer, d'après Holboll, que l'obèse possède dans la partie de son système vasculaire qui correspond au système vasculaire de l'individu normal, une plus grande quantité de sang. Et il tire de là, l'explication de l'insuffisance cardiaque fréquente chez ces malades!

Choc anaphylactique.

La masse sanguine, d'après Keith, tombe à une valeur située entre 50 et 85 % de la masse initiale, la masse plasmatique entre 62 et 90 %.

Cette chute est en rapport avec l'abaissement de la tension artérielle. Si la pression est à 9,5 cm. la masse sanguine est voisine de 70 % de la normale; si la pression est à 8 cm. la masse sanguine représente environ 60 % de la masse primitive.

Scorbut.

Allen, Goldbloom et Libin, dans un cas de scorbut, ont noté une augmentation considérable du volume plasmatique. Le volume de sang par kilog était très augmenté. Ce sujet, pesant 60 kilogs avait 3707 cc. de plasma (61,8 cc. par kilog) et un volume total de sang de 5721 cc. (95,35 cc. par kilog).

Ce grand volume plasmatique n'indiquerait-il pas que la

première atteinte de l'avitaminose n'est pas dans les capillaires mais dans le plasma lui-même?

Troubles thyroïdiens.

Dans le **myxoedème**, on a une hypovolumie oligocythémique. Les masses plasmatique et totale sont abaissées (respectivement 39 cc. et 62 cc. par kilog au lieu de 47 cc. et 82 cc. chiffres normaux).

Keith, Rowntree et Geraghty ont étudié 9 cas de maladie de **Basedow** et ont noté une augmentation du sang circulant. Celle-ci correspond à une augmentation du volume plasmatique.

Le temps de circulation du sang est abaissé. De 16 secondes chiffre normal, il passe à 12 secondes.

Cette augmentation du volume du sang circulant, ainsi que l'abaissement du temps de circulation, sont des mécanismes compensateurs mis en œuvre pour satisfaire l'énorme consommation d'oxygène que font ces malades.

Il est intéressant de noter que l'hypertension n'est pas en relation avec l'augmentation du volume sanguin.

Maladie des Reins.

On se trouve en présence de grandes difficultés pour confronter les différents résultats obtenus.

1) les maladies sont mal limitées et mal définies (néphrite aiguë, néphrite chronique, néphrose...).

2) le poids de ces malades est très variable, en rapport avec leurs œdèmes et leur diurèse. Il en est de même du volume plasmatique.

3) Ces malades sont souvent des anémiques, et l'anémie, par son action propre sur la masse sanguine vient influencer les résultats.

La **néphrite aiguë** s'accompagne de diminution de la masse sanguine avec un volume plasmatique relativement élevé. S'il y a de l'hypertension, la masse sanguine est, au contraire, augmentée.

La **néphrite chronique** montre une diminution des protéides du plasma, et le plus fréquemment un volume plasmatique abaissé.

Quant à la **néphrose**, les avis sont discordants. La méthode colorimétrique serait ici sujette à caution par possibilité de passage du colorant hors de la circulation.

Dans le **blocquage rénal**, l'augmentation du plasma est constante.

Anémie.

Dans les anémies la méthode à l'oxyde de carbone est à déconseiller, tant au point de vue du malade que des résultats qu'elle fournit.

Anémie pernicieuse: Avec la méthode colorimétrique, Rowntree et Brown trouvent une augmentation plasmatique (58.8 cc. par kilog et une légère diminution de la masse sanguine totale (76,4 cc. par kilog). Il n'y a donc pas compensation totale par le plasma des globules rouges détruits. Après traitement par le foie de veau, les globules rouges augmentent en nombre mais le plasma garde sa valeur primitive.

Anémie secondaire: Il y a hypercompensation par le plasma: Hartwich et May ont trouvé 74 cc. de plasma et une masse sanguine de 100 cc.

Toutefois, d'après Dalla-Volta, si la perte des globules rouges dépasse 60 %, la compensation par le plasma n'est plus possible. Après une saignée de moyenne importance, il y a très rapidement une augmentation du plasma qui vient compenser le déficit du volume sanguin. Il n'y a donc pas de modification appréciable de la masse sanguine.

Dix cas de **leucémie myéloïde** étudiés par Keith, Rowntree et Brown ont montré une augmentation des masses

plasmatique (69 cc. de plasma par kilog) et totale 109 cc. de sang par kilog).

La masse globulaire reste constante: l'augmentation des globules blancs compense la destruction des hématies.

Polycythémie.

Dans la maladie de Vaquez, il y a augmentation de la quantité totale de sang et dans la très grande majorité des cas, cette augmentation est due seulement à l'augmentation extraordinaire des globules rouges.

La quantité de plasma est normale, légèrement augmentée, ou même diminuée. La diminution de la valeur plasmatique se rencontre au début de la maladie. C'est une réaction de l'organisme qui lutte, en diminuant le volume de plasma, contre l'augmentation de la masse du sang. Au contraire, dans les cas évolués, ce pouvoir n'existe plus si fréquemment.

Dans les cas de polycythémie, ou il y a moins de 8.000.000 de globules rouges par mm.³ ces globules ont un volume supérieur à la normale. Quand ce chiffre de 8.000.000 par mm.³ est dépassé, les globules rouges sont au contraire plus petits que les normaux.

Dans la maladie de Vaquez, le volume total des globules rouges peut atteindre 3 fois le chiffre normal.

Comme nous avons à faire ici à une malade portant sur les globules rouges, c'est la méthode à l'oxyde de carbone qui est tout indiquée. Cependant, comme les variations globulaires sont énormes, la méthode plasmatique au colorant nous donne des indications très nettes.

La digitale, qui diminue la masse du sang circulant par formation de dépôts sanguins, trouve donc ici son emploi; on lui adjoindra des saignées toutes les 6 semaines environ, pour diminuer la viscosité sanguine et soustraire une certaine quantité de globules rouges. On pourra faire également des rayons X. Quand au régime il sera pauvre en NaCl et en azote.

	Hémie o/o	Globules rouges par mmc.	Volume plasmatique total en cc.	cc. de plasma par kg.	Globules rouges en o/o	cc. de sang par kg	Volume moyen des globules rouges en p 3
Normal	90	4.500.000		45	19.4	82	90
1	122	6.060.000	2980	41.4	74	160	122
2	105	6.340.000	2365	29	70	94.7	110
3	106	6.800.000	3350	47.9	68	148	100
4	145	10.500.000	1930	32.7	82.5	208	78.5
5	95	5.300.000	1928	30.6	63.8	84.4	120
6	125	8.800.000	977	23.05	85	174.4	98

Polycythémie (d'après Seyderhelm)

	Hémie o/o	Globules rouges par mmc.	Volume plasmatique total en cc.	cc. de plasma par kg.	Globules rouges en o/o	cc. de sang par kg	Volume moyen des globules rouges en p 3
Normal				43.04		84.6	
1	99	7.100.000	2069	35.67	81.32	190.96	114.16
2	130	10.400.000	229.4	3.55	92	44.39	88
3	110	7.600.000	3647.3	42.8	54.75	94.6	69.39
4	125	7.100.000	1226.3	26.78	78	121.73	109.45
5	85	6.200.000	2512.9	37.088	69	116.38	111.29

Polycythémie (d'après Hartwich et May)

Cardiopathies.

Cette question est très complexe et non encore entièrement élucidée.

On rencontre des cas où la masse sanguine est augmentée, d'autres où elle est diminuée, sans bien comprendre quels mécanismes président à ces variations.

Toutefois, dans les deux tiers des cas environ on note une diminution du volume sanguin.

Nous devons distinguer deux classes de cardiaques.

- 1) les cardiaques compensés,
- 2) les cardiaques décompensés.

Chez les premiers, la masse du sang est généralement diminuée : 60 à 75 cc. de sang par kilog.

Chez les cardiaques décompensés, deux variations sont possibles :

a) augmentation de la masse sanguine avec des valeurs allant de 80 cc. à 120 cc. par kilog.

b) diminution du volume sanguin : 40 à 60 cc.

Wollheim a pu mettre en évidence que les variations de la masse sanguine précédaient les signes cliniques dans la décompensation.

Il expérimenta sur 135 malades et fit plus de 500 déterminations de volume sanguin au moyen de la méthode colorimétrique et avec l'emploi du rouge trypan. Ainsi que nous le verrons plus loin, ces variations en plus ou en moins de la masse du sang sont intéressantes du point de vue de la thérapeutique. Comme la détermination de la masse sanguine est chose difficile en pratique courante, on a essayé de déceler les signes cliniques qui correspondaient à une augmentation ou à une diminution de ce volume sanguin.

1) Dans la décompensation avec augmentation de la masse du sang, les malades se plaignent de dyspnée, lorsqu'ils sont couchés. La position assise ou la station debout les soulagent. La cyanose est localisée aux seules extré-

mités: la pression du foie provoque la turgence des veines jugulaires.

La pression veineuse est en général augmentée.

2) Dans la décompensation avec diminution de la masse du sang; les malades souffrent également de dyspnée mais celle-ci apparaît dans la station debout et la position allongée la calme.

Ce sont souvent des malades somnolents, prostrés, et susceptibles d'avoir des états syncopaux.

La cyanose, au lieu d'être limitée aux extrémités, s'étend sur de grandes surfaces. Il n'y a pas de turgescence des veines jugulaires, même par pression du foie.

On peut noter une augmentation de la pression veineuse. Mais s'il y a diminution, il n'y a pas de doute, on a sûrement à faire à une diminution du volume sanguin.

Ces signes ne sont pas absolument distinctifs. Pourtant sur 45 cas, Wollheim a pu diagnostiquer la valeur de la masse sanguine dans 43 cas (soit 95,5 %).

La position assise ou couchée, qui favorise ou calme la dyspnée, est le meilleur signe clinique.

De ces signes cliniques va découler une thérapeutique différente suivant qu'on sera en face d'une augmentation ou d'une diminution du volume sanguin:

a) dans l'augmentation du volume sanguin:

La digitale donnera de bons résultats car à côté de son action sur le cœur, elle a une influence périphérique favorable, en favorisant la formation de dépôts sanguins. L'histamine, provoque également une chute notable du volume du sang. 1 cc. en injection sous-cutanée abaisse la masse totale de 500 à 1500 cc.

Quant au régime, on restreindra l'apport du chlorure de sodium et de l'azote.

b) Dans la diminution du volume sanguin :

On donnera avec grande prudence la digitale, vu son

action périphérique nocive. On lui adjoindra, pour contrebalancer cette action périphérique, la caféine, le camphre, l'hexétone ou la strychnine. On se trouvera bien également de bains chauds.

Signes distinctifs cliniques.

Décompensation avec Masse sanguine augmentée	Décompensation avec Masse sanguine diminuée.
Position assise calme la dyspnée.	Position couchée calme dyspnée.
Cyanose des extrémités.	Cyanose très étendue.
Turgescence des veines jugulaires.	Pas de turgescence même par pression du foie.
Pression veineuse augmentée ou normale.	Pression veineuse variable. Certitude si pression veineuse diminuée.

VALEURS DE LA MASSE SANGUINE

Résultats obtenus par les différents auteurs et selon différentes méthodes (d'après Seyderhelm)

CHEZ L'HOMME

AUTEUR	METHODE	SANG PAR KILOG	
		en cc.	en grammes
Harvey — 1628	Approximation		
Hales — 1744	«		
Keil	«		
Haller — 1760	Saignée à blanc		
Lehmann et Weber — 1850	Lavage		125
Welcker — 1858	Lavage, dosage colorim. de l'hémoglobine	70,5 ?	74,3
Bischoff — 1855	«		72-77
Schükurg — 1879	«		74,5
Haldane & Smith - 1899	CO		93-141
Lor Smith — 1900	CO	44-61	111
Oerum — 1908	CO	53	33-63
		37-87	48
		52	

Nouveaux-nés

AUTEUR	METHODE	Sang par Kilog		Remarques
		en c. c.	en grammes	
Oerum	CO	25-66 46		
Plesch — 1909	CO		50,2-60,5	
Muller — 1910	CO		56 61,4-81,9	
Douglas — 1910	CO	71,7-79,8 75,8	69,2	
Salvesen — 1919	CO d'après van Slyke et Salvesen	52,3-69,9 60		
Matthes, Zeizler & Hürter — 1911	Antitoxine «		58,5-102,2 88,8	
Fries — 1911	«		57-91 79	
Kammerer & Wald- man — 1913	«		89-107 96,9	
Kottmann — 1906	Injection Na Cl	72,5-82,1 77,7		
Plesch — 1909	«	44,4-55 49,8	46,9-57,9 52,4	
Lowy — 1920	«	48-55 51,5		
Tarchanow — 1880	Hémoglobine	63,6-81,3 72		
Keith, Rowntree et Geraghty — 1915	rouge vital	78,5-99 85	82-104 88	Standard au plasma
Bock — 1921	Rouge vital brillant	76-91 82	env. 86	"
Seyderhelm et Lampe 1922	Bleu trypan	72,7-89,7 82	85,9	"
Seyderhelm et Lampe 1923	Rouge trypan	75,2-89,2 83	87	"
Lucas & Dearing 1920	Rouge vital brillant	107-195 146	env. 153	Standard au plasma nouveaux-nés

AUTEUR	METHODE	Sang par Kilog		Remarques
		en c. c.	en grammes	
Lucas & Dearing 1920	Rouge vital brillant	90-126 109	env. 115	Standard au plasma nouveaux-nés
Bakwin et Kirkin 1924	Rouge vital brillant	71-148 101	env. 106	
Greppi et Ratti — 1924	rouge Congo	60-80 70		
Kaboth — 1923	rouge Congo	49.4-72,2 58,9	52,1-76,2 62,1	Standard à l'eau
Griesbach — 1921	rouge Congo	67,		
Herzfeld — 1922	rouge Congo	66.6-86.4 726		"
Neubauer — 1923	«	67,6		"
Mendershausen — 1923	«	49,4-103 71,8	env. 75,5	"
Koch & Jacobovits 1922	«	44,3-89,1 57,3		"
Laquer — 1924	«	55,2		"
Stark et Sonnenfeld — 1922	«	50-53		"

CHEZ LE CHIEN

Heindenhain	Welcker	47-99 72,3	
Gscheidlen et Spiegel- berg			
Steinberg	lavage et modifications		
Panum			
Ranke			
Jolyet et Lafont			
Subbotin			
Müller			
Plesch			
Smith, Arnold et Whipple			
Brodin Richet et Saint-Girons			

Auteur	Méthode	Sang par en c. c.	Kilog en grammes
Plesch — 1909	CO		74,5-95 83,9
Smith, Arnold et Whipple — 1921	CO	61,5-116,8 86,9	
Sherrington et Cope- man — 1893	Injection Na Cl		68-69 68
Plesch — 1909	Injection Na Cl		74,2-104,6 87,2
Nelson — 1909	Injection Sérum	67,3	
Harris — 1920	Inj. gommeuse Na Cl		64-79 73
Meek et Gasser - 1918	Injection gomme		83-114 97
Mac Quarrie et Davis — 1920	«		73-114
Hooper, Belt, Smith et Whippe — 1921	Rouge vital brillant	83,7-114,5 101,3	97,6
Smith, Arnold et Whippe — 1921	«	89,9-125,3 103,9	
Harris — 1920	Rouge Congo		70,2-81,5 76
Harris — 1920	Rouge Vital		83,7-93,9 89,3
Brown et Keith 1924	Rouge Congo	88-103 95,5	
Brown et Keith	Rouge Vital	87-96,5 91,8	
Lee et Whipple - 1921	Hémoglobine	100,4-114,2 105,3	
Lee et Whipple - 1921	«	85,1-108,3 97,4	
Franke et Benedikt 1920.	«	70,5-109 90	

CHEZ LE LAPIN

Auteur	Méthode	Sang par Kilog	
		en c. c.	en grammes
Rranke	Welcker		30-87
Heidenhain			53
Boykott			
Dreÿer et Ray			
Suter et Jaquet			
Abderhalden			
Ratner			
Salvesen — 1919	CO	40,6-54,9 50,1-	
Von Behring — 1922	Antitoxine		53-74 63,5
Ratner — 1914	»		48,9-75,6 61,5
Schürer — 1911	Sérum étranger	49-64 56,6	
Nelson — 1909	Injection Sérum	47,6-60,9 56,2	
Mac Quarrie et Davis	Injection gomme	60,5-81	
1920		70,7	
Meek et Gasser - 1918	Injection gomme	43-66	
		54	
Uttheim — 1920	Rouge Vital	47	

CONCLUSIONS.

1) La masse sanguine, c'est-à-dire le sang circulant activement dans l'organisme a une valeur éminemment variable, même à l'état physiologique.

2) Les deux méthodes employées actuellement pour la recherche de la masse sanguine sont :

a) La méthode par inhalation d'une quantité connue d'oxyde de carbone.

b) la méthode par injection dans le sang d'une quantité de colorant, rouge vital, rouge vital brillant, rouge congo....

3) Ces deux méthodes loin de se concurrencer se complètent l'une l'autre.

La première (inhalation d'acide de carbone) est une méthode «globulaire». La seconde (injection intra-veineuse de colorant) est une méthode «plasmatique».

4) Pour déceler de petites variations de la masse sanguine, il est préférable d'employer simultanément les deux méthodes.

5) La masse sanguine, à l'état physiologique et au repos, possède une valeur s'échelonnant entre le douzième et le quinzième du poids du corps.

6) Les dépôts sanguins (rate, foie, tissus sous-papillaire) sont les régulateurs de la masse sanguine.

7) Au point de vue pathologique, la mesure de la masse sanguine, dans les cardiopathies principalement, donne des renseignements utiles pour la thérapeutique.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDERHALDEN et ROSKE G. — Importance of spleen for volume and composition of blood (*Arch. f. d. ges. Physiol.* p. 303-1927).
- ALLEN, GOLDBLOOM, A. et LIBIN J. — Clinical studies in circulatory adjustments. (*Arch. of int. Med.* LV n° 3 p. 484 - 1935).
- ARNOLD H. R., CARRIER E. B., SMITH H. P. et WHIPPLE G. H. — Blood volume studies. The carbon monoxide method. Its accuracy and limitations (*Amer. Journ. of Physiol.* t. LVI, p. 313, 1921).
- ARTHAUD G. — Etude sur les variations de la masse du sang chez l'homme. (*C. R. de l'Académie des Sciences*, t. CXLIII, p. 782-10 Novembre 1906).
- BAKWIN H. et RIVKIN H. — The estimation of the volume of blood in normal infants and in infants with severe malnutrition. (*Ann. J. of diseases of Children* XXVII, p. 340-1924).
- BALMES. — Mesure du débit cardiaque. Ses variations dans les cardiopathies. (Thèse de Montpellier, 1930).
- BARCROFT J. — Etude des rapports entre la rate et la masse sanguine. (*Le Sang*, tome I-1927).
- VON BEHRING E. — Die Antitoxinmethode zur Blutmengenbestimmung. (*Münch. Med. Wochenschr.* t. CVII, p. 655-1911).
- BELTRAMETTI L. — Les variations du volume du sang circulant provoquées par certaines hormones. (*Arch. per le Scienze mediche*, t. LVIII n° 10, Octobre 1934).
- BLUMGART H. L. — Velocity and volume of blood flow. (*New England J. Med.* 205-943, 12 Novembre 1931).
- BOCK, DELL D. B., EDWARDS H. T. — Relation of changes in velocity and volume flow to change of posture. (*J. clin. Investigation*, p. 533, Juin 1930).
- BORRUSO G. — Ricerche sulla massa del sangue circolante nella insufficienza cardiaca. (*Fisiol. Med.* V-15, 39, 20 Janvier 1934).
- BOUISSET, BUGNARD, SOULA. — La rate considérée comme réservoir mécanique de globules. (*Journ. Physiol. et Path. générale*, Mars 1930).
- BOUTHILLIER P. — Le débit cardiaque. Sa mesure par la méthode à l'iode d'éthyle. (Thèse de Paris 1932).
- BRODIN, RICHEL, GIROUX. — De la quantité de sang mesurée par le nombre des hématies. (*Journ. Physiol. et Path. générale*, XVIII, 1919).
- BRODIN P., SAINT-GIRONS F. et RICHEL Ch. — Densité, hématies, leucocytes et quantité de sang chez 47 chiens à l'état normal. (*C. R. de la Soc. Biol.* t. LXXXI, p. 681, 6 Juillet 1918).
- CIPRIANI C. et DOMINICI G. — La misura della massa totale del sangue in Clinica (*Archivio per la Scienze Mediche*, vol. XLIX n° 4, p. 69 et vol. XLIX n° 11, p. 158, 1927).
- DE CRINIS. — *Zeitschrift für phys. Chem.* t. IC., p. 131, 1917.
- DAWSON A.B., EVANS H.M. et WHIPPLE G.H. — Blood volume studies. Behavior of large series of dyes introduced into the circulating blood. (*The Amer. Journ. of Physiol.* t. LI, p. 232, 1920).

- DIECKMANN W. J. et WEGUER C. R. — Blood in normal pregnancy, blood and plasma volumes. (Arch. Intern. Med. XLIII, p. 72, Janvier 1934).
- EPPINGER H. et SCHURMEYER A. — Über den Kollaps und analoge Zustände. (Klin. Wochenschr., p. 777, 1928).
- EPPINGER H. — Die Bedeutung der Blutdepots für die Pathologie (Klin. Woch., p. 5, 7 Janvier 1933).
- FAHRAEUS. — Die Strömungsverhältnisse und die Verteilung der Blutzellen im Gefäßsystem. (Klin. Woch., 15 janvier 1928).
- FELDERG et LEWIN H. — Changes produced by contraction of spleen. (Arch. f. d. ges. Physiol., p. 247, 1928).
- FERRARI G. — Stato volumetrico del sangue nella tubercolosi polmonare. (Riv. di Pat. e Clin. d. tuberc. VII p. 674. - Ang. 1933).
- FLEISCHER C. et HANSEN. — Détermination du volume du sang chez l'homme. (Scand. Arch. Phys. t. LVI, p. 118-308, 1929).
- FRANK E., AUERBACH et STANNER. — Blutmengenbestimmungen Mittels der Kombination von Inhalations- und Farbstoffmethode. (Klin. Woch., 26 Nov. 1932).
- FRIES H. — Über Veränderungen der Blutmenge in Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett. (Ztschr. f. Geb. u. Gyn. t. CXIX, p. 340, 1911).
- FURULAWA T. — Clinical and experimental studies on blood volume. (Acta schlae med. univ. imp. Tokio. XIV, p. 62, 1931).
- GOSIO R. — Sulla determinazione della massa del sangue. Valore clinico dell'applicazione del metodo del rosso-congo. (Policlinico, sezione Medica, p. 37, 1er Janv. 1929).
- GREHANT N. et QUINQUAUD E. — Mesure du sang contenu dans l'organisme d'un mammifère. (C. R. de l'Académie des Sciences, t. XCIV, p. 1450, 1882).
- GREHANT N. — Recherche de l'oxyde de carbone dans l'air confiné. Emploi du grisomètre pour le dosage de ce gaz. (Génie civil, t. XXXI, p. 196. - 1897).
- GREPPI et RATTI. — La determinazione della massa circolante del sangue conin metodo del rosso-congo. (Cuore e Circulaz X, 1924).
- GRIESBACH W. — Eine klinisch-Brauchbare Methode der Blutmengenbestimmung. (Deut. Med. Wochenschr. t. 11, p. 1290. - 1921).
- HALDANE et LORRAIN SMITH. — The mass and oxygen capacity of the blood in man. (Journ. of Physiol. London vol. XXV, p. 331. - 1900).
- HAMBURGER H. J. — Die Methoden zur Bestimmung des Mengenverhältnisses von Plasma und Blutkörperchen.
- HARRIS D. T. — Valeur de la méthode au rouge vital pour la mesure de la masse sanguine en clinique. (Brit. Jour. exp. Path. t. I, p. 142, Juin 1920).
- HARTWICH A. et MAY G. — Blutmengenbestimmungen mittels der Farbstoffmethode. Technik. Untersuchung an Normalen, Polycythämien, Anämien und Chlorosen. (Zeitschrift für die gesamte exp. med. t. LI, p. 497. - 1926).

- HARTWICH A. et MAY G. — Blutmengenbestimmungen mittels der Farbstoffmethode. Untersuchungen an Fällen mit erhöhtem Blutdruck und therapeutische Beeinflussung der Blutmenge (Zeitsch. f. d. g. exper. med. LIII, p. 677. - 1926).
- HOLBOLL S. A. — Untersuchungen über die Blutmenge bei Patienten mit Adipositas (Klin. Woch., p. 503. - 12 Mars 1929).
- HOOPER C. W., SMITH H. P., BELT A. E et WHIPPLE G. H. — Blood volume studies. Expérimental control of a dye blood volume méthode. (The Amer. Journ. of Phys. t. LI, p. 205. - 1920).
- IRVINE MC QUARRIE et NELSON C. DAVIS. — Blood volume studies. Blood volume as determined by the change in refractivity of the serum non-protein fraction after injection of certain colloids into the circulation. (The Amer. Journ. of Physiol. LI, p. 257. - 1920).
- JAVAL et BOYET. — Procédés de mesure de la masse sanguine : ses variations; sa répartition; rapport entre le plasma et les globules. (Paris médical t. XXXIII p. 45. - 1919).
- KEITH N. H., ROWNTREE L. G., et GERAGHTY J. T. — A method for the determination of plasma and blood volum. (The Arch. of of Inter. med. t. XVI. - 1915).
- KOCH R. et JAKOBOVITS M. — Untersuchungen über die Blutmenge in der Gravidität. (Klin. Woch. p. 2518. - 16 Décembre 1922).
- KOTTMANN K. — Über die Bestimmung der Blutmenge bei Mensch und Tier unter Anwendung eines neuen Präzisionshaematokriten. (Arch. f. exp. Path. u. Pharm. t. CIV, p. 356. - 1906).
- LAMSON P. D. et ROSENTHAL S. M. — L'inexactitude de nos méthodes actuelles de détermination du volume du sang. (Amer. Jour. of Phys. t. LXIII, p. 358. - 1923).
- LANDAU, MARKSON, GOLIDORDKA, LEWICKI. — Du volume du sang circulant et de ses rapports dans l'insuffisance chronique du myocarde. (Polsk. Gaz. Lek, 17 Juin 1934, dans: Je San, n° IV. - 1935).
- LINDHARD, I. — Méthode de coloration pour déterminer le volume du sang in vivo. (Amer. Journ. of Phys. t. LXXVI. - 1926).
- LUCAS W. P. et DEARING B. F. — Blood volume in infants estimated by the vital dye method. (Ann J. of dis. of child. XXI, p. 96. - 1920).
- MALASSEZ. — Nouveau procédé pour apprécier la masse totale du sang. (Arch. intern. de Physiol. VI p. 797. - 1874).
- MALASSEZ — Recherches sur quelques variations que présente la masse totale de sang. (Arch. intern. de Physiol. II-III, p. 261. - 1875).
- MEEK W. et GASSER H. S. — Blood volume. A method for its determination with data for dogs, cats and rabbits. (Amer. J. or Phys. - 1918).
- MELIK-OGANDJANOFF T. — Evaluation de la masse du sang par l'injection intra-veineuse de rouge congo. (Méthode de Griesbach). (Thèse de Paris, 1934).
- MENDERHAUSEN A. — Blutmengenbestimmung mit der Kongo-rothmethode. (Z tschr. für Klin. Med. 97, p. 4. - 1923).

- MINZ B. — Über das Verhalten Kolloïdaler Stoffe im Blut. (Ztschr.-Für Klin. Med., p. 624. - 1930).
- MULLER. — Contribution à la méthode de détermination de la masse totale du sang. (Arch. für Anat. u. Phys., p. 459. - 1901).
- NICLOUX M. — Appareil pour l'extraction de l'oxyde de carbone dans le sang. Applications. (Soc. Biol., p. 57. - 1913).
- NICLOUX M. — L'oxyde de carbone et l'intoxication oxycarbonique. (Masson et Cie, Paris, 1925).
- NISSSEN R. — Die Blutreservoir des Menschen (Klin. Woch., p. 16. - 7 Janvier 1933).
- PICO ESTRADA O. M. — Le volume sanguin dans l'insuffisance surrénale. (C. R., Soc. Biol., p. 1506. Déc. 1926).
- PLESCH J. — Haemodynamische Studien (Zeschr. f. experim. Patho. u. Therap. VI, 1909).
- PLESCH J. — Die funktionelle Bedeutung der Blutmenge. (Klin. Woch., p. 935, 17 Juin 1933).
- REIN H. — Die Blutreservoir des Menschen. (Klin. Wochen., p. 1, 7 Janvier 1933).
- ROOS L. — L'oxyde de carbone normal du sang. (Recueil des travaux de l'Institut de chimie biologique de l'Université de Strasbourg, vol. III. - 1926).
- RUSZNYAK. — Total volume under normal and pathologinal condition s. (Deustch. Arch. f. Klin. Med., p. 186 - 1927).
- SEYDERHELM R. et LAMPE W. — Zur Frage der Blutmengenbestimmung. — Untersuchungen über das Verhalten von Erythrocyten zu Kolloiden Farbstoffen und Kolloidom Gold. (Zeitschrift für die gesamte exper. medizin. XXX, p. 403. - 1922).
- SEYDERHELM R. et LAMPE W. — Zur Frage der Blutmengenbestimmung. — Colorimetrische Blutmengenbestimmung mit Trypanbau. (Zeitsch. f. d. Ges. exp. med. XXX, p. 410. - 1922).
- SEYDERHELM R. et LAMPE W. — Zur Frage der Blutmengenbestimmung. — Colorimetrische Blutmengenbestimmung mit Trypanrot. (Zeitsch. f. d. ges. exper. med. XXXV, p. 177. - 1923).
- SEYDERHELM R. et LAMPE W. — Zur Frage der Blutmengenbestimmung. — Beitrag zur Plethora-Frage. (Zeitsch. f. d. Ges. exper. med. XLI, p. 1. - 1924).
- SEYDERHELM R. et LAMPE W. — Die Blutmengenbestimmungsmethoden mittels Kolloïdaler Farbstoffe. (Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. V, 8, p. 245. - 1928).
- SEYDERHELM R. — Wesen und Therapie der Plethora. (Die medizinische Welt. n° 17. - 1932).
- SEYDERHELM R. et LAMPE W. — Die Blutmenge. (Handbuch der allgemeinen Hämatologie, p. 647. - 1932).
- SEYDERHELM R. — Funktionelle Pathoogie der Erythrocyten. (Verhandl. der deutsch Gesell. für inn. med. Kongress 45, p. 60. - 1933).
- SEYDERHELM R. et LAMPE W. — Die Blutmengenbestimmung und ihre Klinische Bedeutung. (Ergebn. der inn. Med. u. Kinderk. 27. - 1925).
- SEYDERHELM R. — Das Plethora-Problem. (Klin. Woch. p. 1833. - 24 Sept. 1927).

- SMITH H. P. — Blood volume studies. Repeated determination of blood volume at short intervals by means of the dye method. (The Amer. Journ. of Physiol. t. LI, p. 221. - 1920).
- SMITH H. P., ARNOLD H. R., et WHIPPLE G. H. — Blood volume studies. Comparative values of Welcker, carbon monoxide and dye methods for blood volume determinations. Accurate estimation of absolute blood volume. (Amer. Journ. of Physiol. t. CVI, p. 356. - 1921).
- TARCHANOFF J. — Die Bestimmung der Blutmenge am lebenden Menschen. (Arch. f. Phys. XXIII, p. 548. - 1880).
- VALENTIN. — Repet. f. Anat. und Phys., p. 281. - 1837.
- VIERORDT. — Ac.f. phys. Hellk., p. 259. - 1854.
- WELCKER H. — Bestimmungen der menge des Körperblutes und der Blutfarbkraft, sowie Bestimmungen von Zahl, Maas, Oberfläche und volumen des einzelnen Blutkörperchens beim Tier und beim Menschen. (Ztschr. f. rat. med. IV, p. 145. - 1858).
- WENT S. et DRINKER C. — Une microméthode pour la détermination absolue du volume sanguin avec données sur le volume du sang du cobaye, du rat blanc et du chat. (Amer. Journ. of Physiol. t. LXXXVIII, p. 468. - 1929).
- WOLLHEIM E. — Zirkulierende Blutmenge, Kompensation und Dekompensation der Kreislauges. (Verhandlung des Deutschen Gesellschaft für inn. medicin. XLI, p. 352. - 1929).
- WOLLHEIM E. — Die Blutreservoir des Menschen. (Klin. Woch., p. 12, 7 Janvier 1933).
- ZUNZ et PLESCH. — Methode Zur Bestimmung der circulierenden Blutmenge beim lebenden Thiere. (Biochem. Zeitschrift. t. XI, p. 17. - 1908).

TABLE DES MATIERES

— Historique	...	...	...	...	...	...	...	11
— Méthode à l'Oxyde de carbone	...	...	...	...	...	...	...	15
— Méthode colorimétrique	...	...	...	...	...	...	...	23
— Comparaison des différentes méthodes	...	...	...	...	...	...	...	25
— Notions générales sur la masse sanguine	...	...	...	...	...	...	...	29
— Variations du volume sanguin dans des conditions physiologiques	...	...	...	...	...	...	...	35
— Variations du volume sanguin dans des conditions pathologiques	...	...	...	...	...	...	...	43
— Valeurs numériques de la masse sanguine	...	...	...	...	...	...	...	51
— Conclusions	...	...	...	...	...	...	...	55
— Bibliographie	...	...	...	...	...	...	...	57

